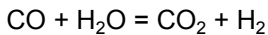
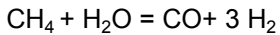


MB - R - Příklad 7

Syntézní plyn se vyrábí reakcí metánu s vodnou parou. Probíhají reakce:



Do zařízení vstupují dva proudy. Zmes metánu a dusíka v poměru látkových množství 41:9 a vodná para.

Pomer hmotnostných tokov privádzanej vodnej pary k metánu je 3,375:1. Metán zreaguje úplne, v produktoch je 10 % mol. CO, vodná para je privádzaná do reaktora v nadbytku.

Vypočítajte:

Zloženie produktového (vystupujúceho) prúdu v mólových zlomkoch, stupeň premeny vodnej pary v oboch reakciách, stupeň premeny CO na CO₂, koeficient nadbytku vodnej pary vzhľadom k prvej reakcii a pomer hmotnostných tokov odchádzajúceho plynu a vstupujúcej vodnej pary.

Základ výpočtu sa opäť kdesi pozabudol a je žiadúce si ho zvoliť....

Všimnite si aj charakter otázok. Ani jedna sa nepýta na množstvo prúdu, zložky, každá je zvedavá na pomer niečoho k niečomu.....

Pri ľubovoľne zvolenom základe výpočtu sa musíme dopočítať k rovnakým výsledkom.

Základ výpočtu

Základ výpočtu je spravidla definovaný na vstupe resp. výstupe buď ako množstvo prúdu alebo zložky v prúde.

Pri materiálových bilanciách s reakciou môže byť základom výpočtu aj rozsah reakcie, resp. zdrojový člen zložky.

Vzhľadom k jeho zvolenej hodnote sa dopočítavajú množstvá neznámych prúdov a zložiek.

V prípade, že základ výpočtu nie je definovaný, je nutné si ho zvoliť. Spravidla na vstupe alebo výstupe, kde býva navyše viac informácií o bilancovanom systéme.

Odporúčam si zvoliť základ výpočtu na vstupe do bilančného systému.

Buď ako tok látkového množstva vstupujúcej plynnej zmesi metánu a dusíka, prípadne tok látkového množstva metánu v tomto prúde, alebo tok látkového množstva vstupujúcej vodnej pary.

Za základ výpočtu si nevoľte príslušný hmotnostný tok z praktických dôvodov.....

A keď áno, okamžite ho prepočítajte na tok látkového množstva cez mólovú hmotnosť.

Ak by ste však tvrdohlavo odolávali, asi by ste počas výpočtového procesu "nerozchodili" nemožnosť prepočtu mólového zlomku vystupujúceho CO na jeho hmotnostný zlomok, pre chýbajúce informácie zloženia vystupujúceho prúdu.

Tým by ste si odrezali "záchranný povrazový mostík" na výpočet rozsahu a zdrojových členov druhej reakcie.

Mnou zvolený základ výpočtu:

$$n_{1A} =$$

$$100 \text{ kmol/h}$$

Ešte si "predpripravíme" zloženie vstupujúcej zmesi metánu a vodíka v mólových zlomkoch.

$$n_{1A} / n_{1B} = 41 / 9$$

$$\longrightarrow (n_1 \cdot x_{1A}) / (n_1 \cdot x_{1B}) = 41 / 9$$

$$\longrightarrow x_{1A} / x_{1B} = 41 / 9$$

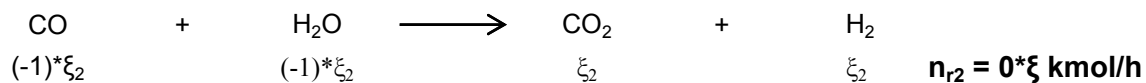
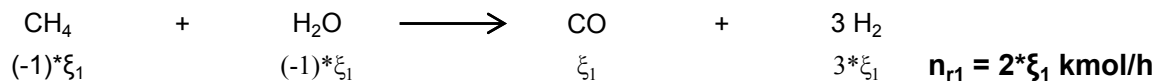
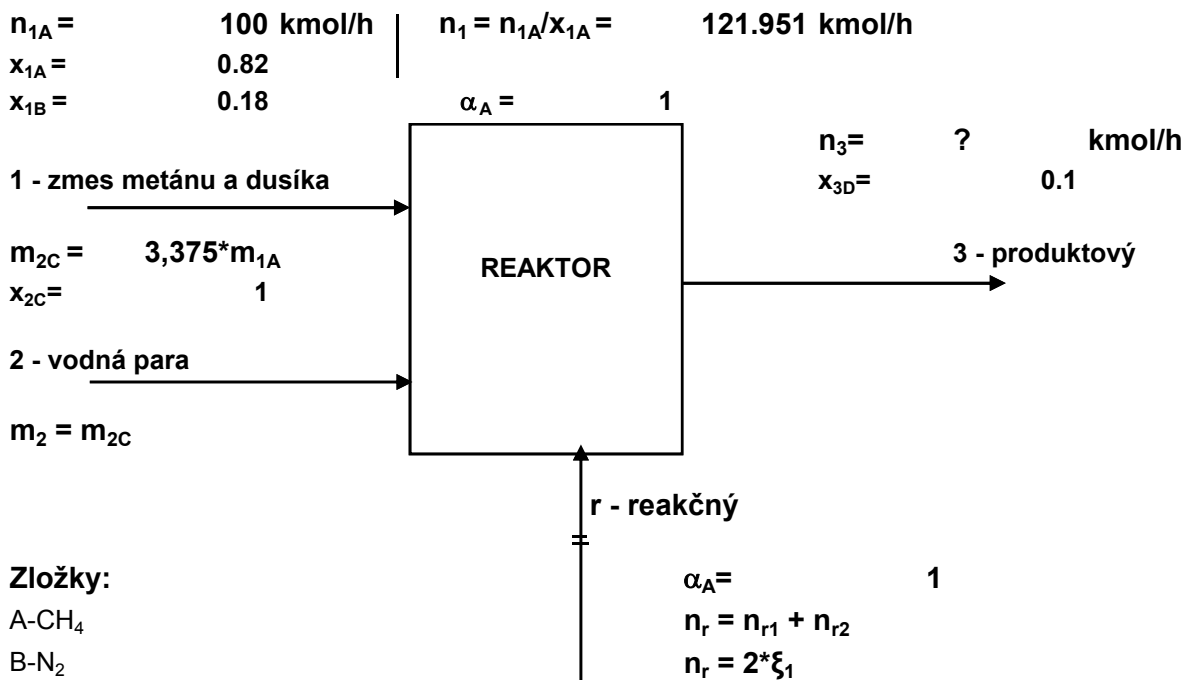
$$x_{1A} + x_{1B} = 1$$



$$x_{1A} = 0.82$$

$$x_{1B} = 0.18$$

Bilančná schéma:



Materiálová bilancia:

Prúdy Zložky	1	2	r_1	r_2	3
A: CH ₄	$n_1 \cdot x_{1A}$ 100		$(-1) \cdot \xi_1$?		0
B: N ₂	$n_1 \cdot x_{1B}$ 21.95122				$n_3 \cdot x_{3B}$ 21.95122
C: H ₂ O		$n_2 \cdot x_{2C}$?	$(-1) \cdot \xi_1$?	$(-1) \cdot \xi_2$?	$n_3 \cdot x_{3C}$?
D: CO			$1 \cdot \xi_1$?	$(-1) \cdot \xi_2$?	$n_3 \cdot 0,1$?
E: H ₂			$3 \cdot \xi_1$?	$1 \cdot \xi_2$?	$n_3 \cdot x_{3E}$?
F: CO ₂				$1 \cdot \xi_2$?	$n_3 \cdot x_{3F}$?
Σ	n_1 121.951	n_2 ?	$n_{r1} = 2 \cdot x_1$?	$n_{r2} = 0$ 0	n_3 ?

Výpočet toku látkového množstva vstupujúceho plynu:

$$n_1 = n_{1A}/x_{1A} = 121.951 \text{ kmol/h}$$

Výpočet hmotnostného toku metánu vo vstupujúcom plyne:

$$m_{1A} = n_{1A} \cdot M_A = 1600 \text{ kg/h} \quad M_A = 16 \text{ kg/kmol}$$

Výpočet toku látkového množstva vodnej pary:

$$m_{2C} = 3,375 \cdot m_{1A} \quad m_{2C} = 5400 \text{ kg/h} \quad M_C = 18 \text{ kg/kmol}$$

$$n_2 = n_{2C} = \frac{m_{2C}}{M_C} = \frac{3,375 \cdot m_{1A}}{M_C} = 300 \text{ kmol/h}$$

Zo vzťahu medzi rýchlosťou prvej reakcie a stupňom premeny metánu sa dopočíta rýchlosť prvej reakcie,

a zo vzťahu medzi teoretickou rýchlosťou prvej reakcie a "teoretickým" množstvom metánu (ako limitujúcej zložky v prvej reakcii) sa dopočíta teoretická rýchlosť prvej reakcie.

V prípade limitujúceho reaktanta je jeho teoretické a skutočné množstvo rovnaké resp. spotreba v reakcii je rovnaká ak je stupeň premeny limitujúceho reaktanta rovný jednej.

Charakteristické hodnoty reaktantov v 1. reakcii:

$$\text{CH}_4: \quad (-) n_{1A}/v_A = 121.9512 \text{ kmol/h} \quad (\text{limitujúci reaktant}) \quad v_A = -1$$

$$\text{H}_2\text{O}: \quad (-) n_{2C}/v_C^{(1)} = 300 \text{ kmol/h} \quad v_C^{(1)} = -1$$

Rýchlosť 1. reakcie:

$$\xi_1 = -\alpha_A \cdot n_{1A} / (-1)$$

$$\xi_1 = 100 \text{ kmol/h}$$

Teoretická rýchlosť 1. reakcie:

$$\xi_1^t = -\alpha_A^t \cdot n_{1A}^t / (-1)$$

$$\xi_1^t = 100 \text{ kmol/h}$$

Výpočet toku látkového množstva produktového prúdu:

$$n_3 = n_1 + n_2 + n_r = n_1 + n_2 + 2 \cdot \xi_1$$

$$n_3 = 621.951 \text{ kmol/h}$$

$$n_r = n_{r1} + n_{r2}$$

$$n_r = 2 \cdot \xi_1$$

$$n_r = 200 \text{ kmol/h}$$

$$n_{r1} = 2 \cdot \xi_1$$

$$n_{r2} =$$

$$200 \text{ kmol/h}$$

$$0 \text{ kmol/h}$$

Rýchlosť 2. reakcie (z bilancie CO):

$$\text{CO: } 1 \cdot \xi_1 - \xi_2 = n_3 \cdot x_{3D}$$

$$\xi_2 = \xi_1 - n_3 \cdot x_{3D}$$

$$\xi_2 = 37.8049 \text{ kmol/h}$$

Stupeň premeny CO na CO₂:

Vypočítame z definície stupňa premeny reaktanta: podiel zreagovaného CO v druhej reakcii k množstvu CO na vstupe do druhej reakcie (CO, ktoré vzniklo v prvej); (kuk na zdrojové členy pri bilancii CO).

$$\alpha_D = \frac{|n_{D,reakcia}^{(2)}|}{|n_{D,reakcia}^{(1)}|} = \frac{|v_D^{(2)} \xi_2|}{|v_D^{(1)} \xi_1|} = 0.37805$$

Teoretická rýchlosť 2. reakcie:

$$\xi_2^t = -\alpha_D^t \cdot n_{Dreakcia 1} / (-1)$$

$$\xi_2^t = 100 \text{ kmol/h}$$

Oxid uhoľnatý, CO, je limitujúcim reaktantom v druhej reakcii, čo si zistíme z charakteristických hodnôt reaktantov pre druhú reakciu.....

Charakteristické hodnoty reaktantov v 2. reakcii:

$$\text{CO: } (-v_D^{(1)} \cdot \xi_1) / v_D^{(2)} = 100 \text{ kmol/h (limitujúci reaktant)} \quad v_D^{(2)} = -1$$

$$\text{H}_2\text{O: } (-) n_{C,2}^R / v_C^{(2)} = 200 \text{ kmol/h} \quad v_C^{(2)} = -1$$

Množstvo vodnej pary vstupujúce do druhej reakcie:

$$n_2 \cdot x_{2C} + v_C^{(1)} \cdot \xi_1 = n_{C,2}^R = 200 \text{ kmol/h}$$

Stupeň premeny vodnej pary (z definičného vzťahu):

$$\alpha_C = (n_{2C} - n_{3C}) / n_{2C}$$

$$n_{2C} = 300 \text{ kmol/h}$$

$$\text{C: } n_{2C} + v_C^{(1)} \cdot \xi_1 + v_C^{(2)} \cdot \xi_2 = n_{3C}$$

$$n_{3C} = 162.1951 \text{ kmol/h}$$

$$\alpha_{C,1} = (-v_C^{(1)} \cdot \xi_1) / n_{2C} = 0.333333$$

$$\alpha_{C,2} = (-v_C^{(2)} \cdot \xi_2) / n_{2C} = 0.126016$$

$$v_C^{(1)} = -1$$

$$v_C^{(2)} = -1$$

$$\alpha_C = 0.45935$$

Materiálová bilancia:

Prúdy Zložky	1	2	r ₁	r ₂	3	Zloženie vystupujúceho prúdu:
A: CH ₄	n ₁ *x _{1A} 100		(-1)*ξ ₁ -100		0	x _{3A} = 0
B: N ₂	n ₁ *x _{1B} 21.95122				n ₃ *x _{3B} 21.95122	x _{3B} = 0.03529
C: H ₂ O		n ₂ *x _{2C} 300	(-1)*ξ ₁ -100	(-1)*ξ ₂ -37.8049	n ₃ *x _{3C} 162.1951	x _{3C} = 0.26078
D: CO			1*ξ ₁ 100	(-1)*ξ ₂ -37.8049	n ₃ *x _{3D} 62.19512	x _{3D} = 0.1
E: H ₂			3*ξ ₁ +1*ξ ₂ 300	1*ξ ₂ 37.80488	n ₃ *x _{3E} 337.8049	x _{3E} = 0.54314
F: CO ₂				1*ξ ₂ 37.80488	n ₃ *x _{3F} 37.80488	x _{3F} = 0.06078
Σ	n ₁ 121.9512	n ₂ 300	n _{r1} 200	n _{r2} 0	n ₃ 621.9512	

Koeficient nadbytku vodnej pary vzhľadom k prvej reakcii:

$$k_{nC1} = n_{2C} / n_{2C}^{t(1)}$$

$$\xi_1^t = \frac{-1 \cdot n_{2C}^{t(1)}}{V_C^{(1)}} \longrightarrow (n_{2C})^t = (-) v_C^{(1)} * \xi_1^t$$

$$(n_{2C})^t = 100 \text{ kmol/h}$$

$$n_2 * x_{2C} = 300 \text{ kmol/h}$$

$$(n_{2C})^t = 100 \text{ kmol/h}$$

$$k_{nC1} = n_{2C} / n_{2C}^t = 3$$

Hmotnostný pomer vystupujúcej plynnej zmesi a vstupujúcej vodnej pary:

$$m_3 / m_2 = 1.41012$$

$$M_3 = M_B * x_{3B} + M_C * x_{3C} + M_D * x_{3D} + M_E * x_{3E} + M_F * x_{3F}$$

$$M_3 = 12.2431 \text{ kg/kmol}$$

$$m_3 = n_3 * M_3 = 7614.63 \text{ kg/h}$$

Mólové hmotnosti zložiek:

$$M_B = 28 \text{ kg/kmol}$$

$$M_C = 18 \text{ kg/kmol}$$

$$M_D = 28 \text{ kg/kmol}$$

$$M_E = 2 \text{ kg/kmol}$$

$$M_F = 44 \text{ kg/kmol}$$

$$m_2 = 5400 \text{ kg/h}$$